ELETRÔNICA para todos

19

RETRO-ALIMENTAÇÃO

SAÍDAS EM LED

TIPOS DE LED

O TELEFAX (FAX)

DESENHAR ESQUEMAS

Projeto nº 19:
FONTE DE ALIMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO

SALVAT
JACKSON LIBRI

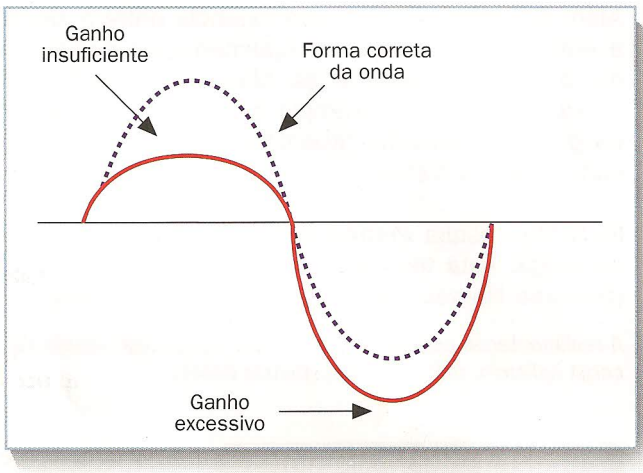
Realimentação

Se voltarmos a enviar para a entrada parte do sinal de saída, é possível melhorar o comportamento de um amplificador

Já temos verificado que o **ganho** de um transistor ou de um amplificador não se pode prever exatamente porque depende das tolerâncias da produção.

Mais graves são as variações do ganho conforme a corrente: como já descrevemos na lição 18, este fato ocasiona uma alteração da forma da onda, ou seja, uma **distorção** do sinal.

Nos anos 20, Harold Black idealizou uma técnica para reduzir ao mínimo estes problemas: a **realimentação negativa**.



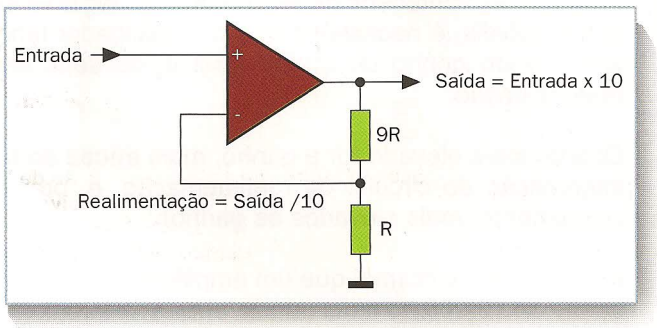
Um amplificador pode distorcer o sinal que é aplicado à sua entrada.

COMPARAR E CORRIGIR

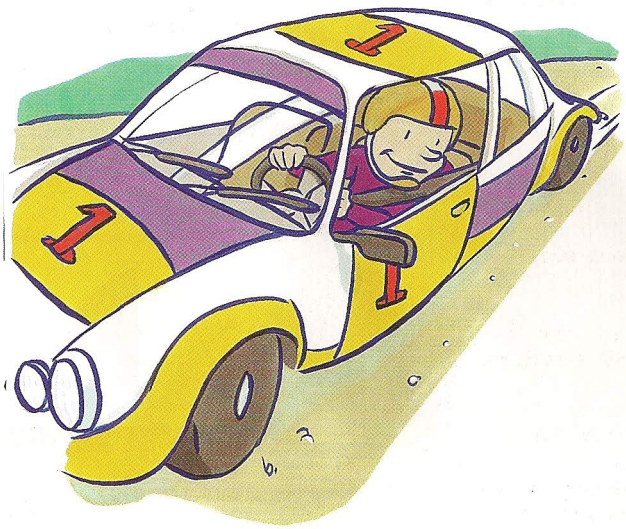
Se um amplificador tem um ganho similar a 10, a saída deve ser dez vezes a entrada, ou seja, um **décimo** da saída deve ser igual à da entrada.

Portanto, pode-se comparar um décimo do sinal da saída com o da entrada, utilizando um **amplificador diferencial**, como mostra a figura.

Esta possível diferença, ou seja, o **sinal de erro**, será ampliado pelo próprio amplificador, que corrige a saída até que não seja a desejada.



Realimentação negativa: amplia-se a diferença entre a saída desejada e a efetiva.



MALHA ABERTA, MALHA FECHADA

Recapitulando um pouco, num simples amplificador de **malha aberta**, ou seja, sem a realimentação, o sinal viaja diretamente da entrada para a saída.

Num amplificador de **malha fechada**, como se pode ver na figura superior, não se amplifica o sinal, mas sim a diferença entre a saída desejada e a medida com a realimentação.

A realimentação é **negativa**, ou seja, atua ao contrário: uma tensão excessiva à saída deve causar a redução da própria tensão (e vice-versa).

O piloto controla para onde vai o carro (saída) e corrige com o volante (entrada): este é um exemplo de realimentação negativa.

Vantagens da realimentação

A realimentação negativa não serve apenas para reduzir a distorção, mas também para mudar as características da saída

Além de melhorar a correspondência entre a saída e a entrada (linearidade), a realimentação positiva reduz a **impedância da saída**. Mas se a saída tiver tendência a variar, por exemplo, por efeito de uma forte **carga**, o amplificador "apercebe-se" e modifica-a em conseqüência disso.

Portanto, resulta **menos sensível** para as variações da carga: esta tem uma impedância baixa de saída (como se tivesse uma menor resistência interna).

Tensão de saída	À vazio	Com carga
Sem realimentação	1 V	0,9 V
Com realimentação	1 V	0,99 V

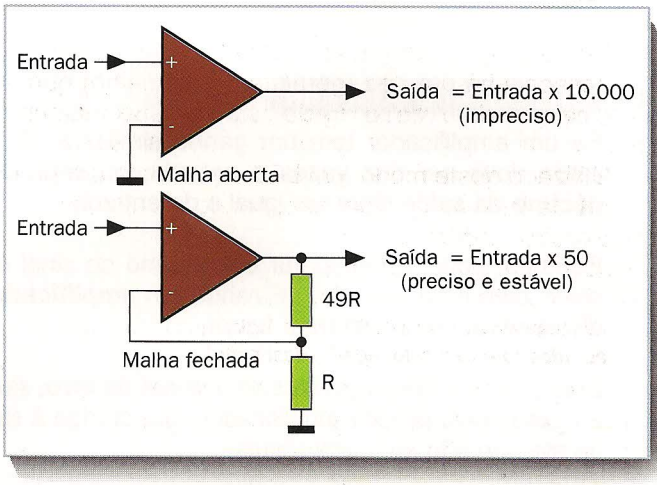
A realimentação negativa torna a saída menos dependente da carga aplicada, pelo que a impedância desce.

É NECESSÁRIO MUITO GANHO

Para que as vantagens da realimentação negativa sejam tangíveis, é necessário que o amplificador tenha um elevado ganho de **malha aberta**, ou seja, sem realimentação.

Quanto mais elevado for o ganho, mais **eficaz** será a intervenção do circuito da realimentação, e, proporcionalmente, mais elevados os ganhos.

Por exemplo, é normal que um amplificador tenha um ganho de 10.000 ou mais (malha aberta) e que depois seja **reduzido** para 50 devido à realimentação. As características deste amplificador serão, numa primeira aproximação, 200 vezes (10.000 / 50) **melhores** do que as de um circuito com ganho de 50, sem realimentação.



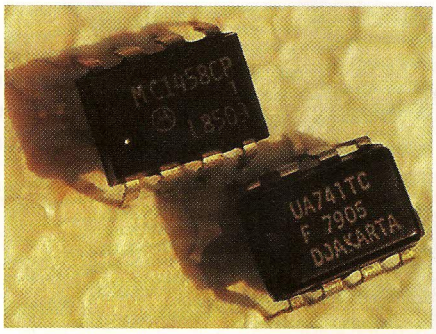
Um elevado ganho da malha aberta exalta as vantagens da realimentação.

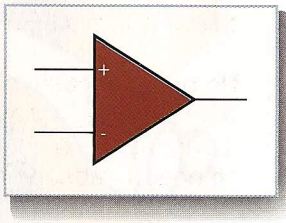
AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

Pelo que já foi dito, parece que o amplificador ideal deve ter uma entrada diferencial e ganho **infinito** (entende-se por malha aberta, ou seja, sem realimentação).

Realmente, se chegamos à conclusão de que se **produzem** eficazmente dispositivos que se aproximam a esta condição ideal, eles são sem dúvida os "amplificadores operacionais".

Eles representam os **tijolos essenciais** da moderna eletrônica analógica, que examinaremos com mais detalhes proximamente.





Um amplificador operacional, prático componente de uso universal.

Estrutura de um amplificador

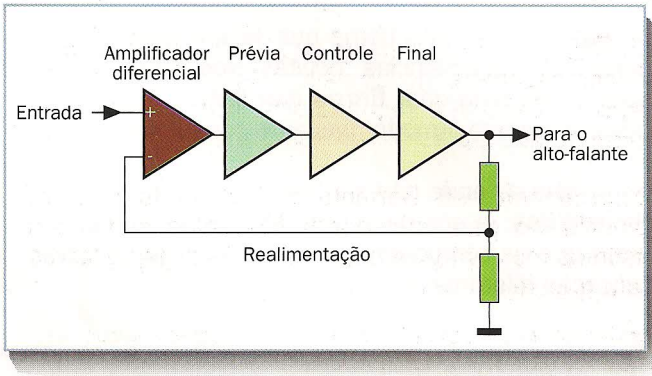
Um amplificador de áudio utiliza diferentes técnicas que têm sido ilustradas nestas últimas lições

A figura mostra o **esquema de blocos** de um amplificador típico de áudio de meia potência, como os utilizados pelos equipamentos domésticos de alta fidelidade.

O **amplificador diferencial** compara o sinal da entrada com uma fração da que tem a saída, para obter a realimentação negativa.

O **pré-amplificador** tem por finalidade proporcionar grande parte do ganho total, que pode estar dividido em várias etapas.

Finalmente, a etapa de **controle** governa o **final**, que se ocupa em controlar a forte corrente requerida pela carga.



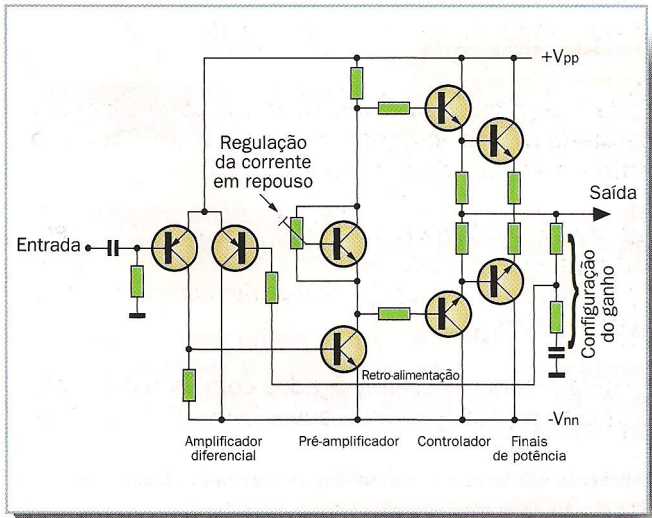
Esquema de blocos de um amplificador de áudio típico.

CIRCUITOS JÁ VISTOS

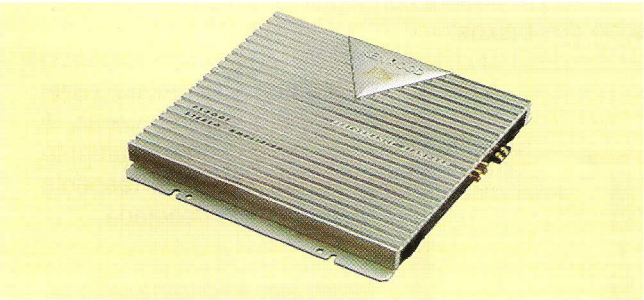
No esquema do amplificador que se mostra na figura, podem-se distinguir as diferentes **etapas** descriminadas no esquema de blocos da figura anterior.

O **amplificador diferencial** é similar aos ilustrados na lição 18. Devido à máxima estabilidade, o capacitor da direita faz com que a realimentação em contínua seja total (ganho = 1).

O pré-amplificador utiliza um transistor no clássico circuito do **emissor comum**, já descrito na lição 11; o controle e os finais estão na configuração **push-pull** da categoria AB, também vista na lição 18.



As distintas etapas de um amplificador num esquema real (simplificado quando se tiram as proteções e as junções).



A técnica da realização muda, mas a estrutura de um amplificador de áudio é a mesma de há vinte anos.

AMPLIFICADORES MODERNOS

O amplificador diferencial à transistores é substituído freqüentemente por um **amplificador operacional** de circuito integrado mais preciso.

Os **transistores finais** são do tipo MOSFET em vez da união (BJT): não muda a estrutura do circuito nem a categoria do funcionamento.

Finalmente, existe a tendência para encerrar uma parte cada vez maior do circuito no interior de um único **circuito integrado**, utilizando apenas um fragmento de silício em lugar dos componentes diferentes ("discretos").

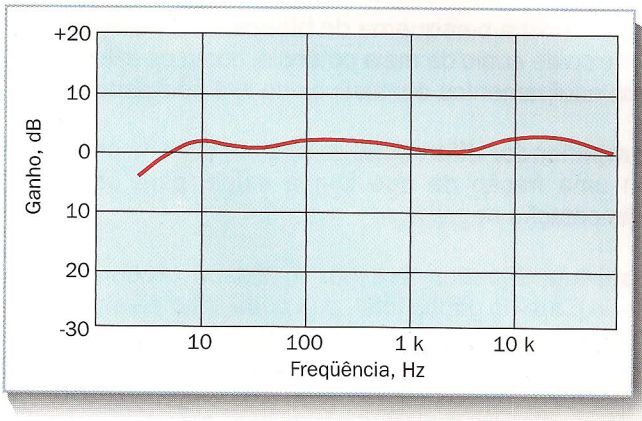
Resposta em freqüência

A realimentação é fundamental para garantir uma resposta "plana" nos amplificadores

O ganho de um amplificador costuma variar com a freqüência do sinal. Pode-se traçar um gráfico de **resposta em freqüência**, como o que está na figura.

Realmente, os capacitores que fazem parte do circuito e as capacitâncias "ocultas" nos componentes contribuem para criar **filtros** (ver lição 17), com um comportamento também bastante complexo.

As formas de onda não senoidais são, por esse fato, **distorcidas**, já que cada uma das diferentes harmônicas que as compõem (ver lição 16) sofre uma amplificação diferente.



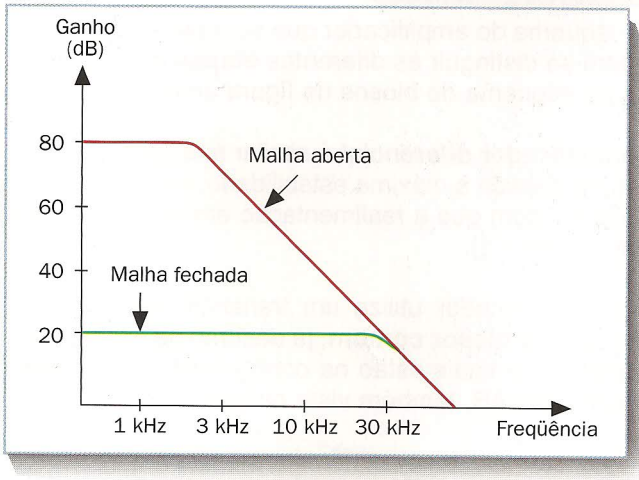
Resposta em freqüências de um amplificador; observe com atenção a escala logarítmica em decibels (dB).

NIVELAR COM A REALIMENTAÇÃO

A realimentação negativa resolve muitos problemas, pois **controla** com precisão o sinal da saída: se for excessivo, pode reduzi-lo.

No entanto, se com uma determinada freqüência o ganho é **muito baixo**, não existe uma realimentação que o possa aumentar.

Por isso é essencial que o ganho seja o mais **alto** possível ao valor requerido, com a finalidade de que a realimentação possa realizar o seu trabalho, como se mostra na figura.



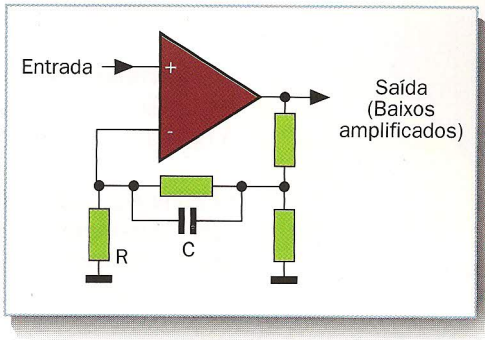
Resposta em freqüência da malha aberta (vermelho) e da malha fechada, com realimentação (verde).

RESPOSTA À MEDIDA

A realimentação negativa pode ser utilizada para modificar a resposta uniforme da freqüência e **alterá-la** para a forma desejada.

Se, por exemplo, acrescentar-se à realimentação um **filtro passa-alta** RC, como o que está na figura, com freqüências baixas a percentagem do sinal que regressa à entrada será inferior.

Para compensar, o amplificador diferencial **aumentará** o sinal da saída. Assim poderá conseguir-se uma maior amplificação dos baixos.



Projetando com precisão o filtro sobre a realimentação, é possível obter praticamente **qualquer** curva de resposta na freqüência desejada.

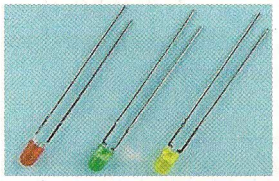
Modificando o comportamento na freqüência da realimentação, a do amplificador variará de uma forma recíproca.

Saídas em LED

Os diodos luminosos são freqüentemente utilizados para visualizar o estado de um sinal digital

Um LED (Light Emiting Diode: diodo emissor de luz) é um tipo especial de diodo, que se **ilumina** quando é atravessado pela corrente.

Eletricamente, a principal diferença com respeito a um diodo normal consiste na **queda da tensão** mais elevada: cerca de 2 V (depende do tipo) em vez de 0,65 V.



De início, os LED eram de luz vermelha, mas agora são de muitas cores e também são habituais os de luz **infravermelha**, invisível.

Um típico LED, o terminal mais comprido é o ânodo do diodo.

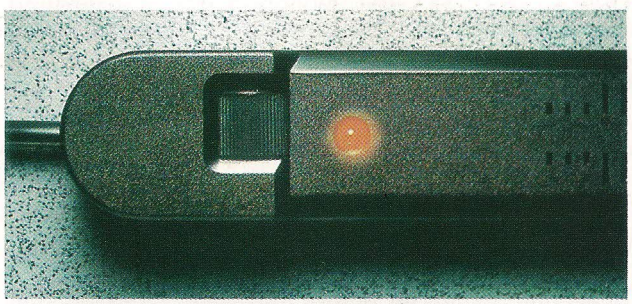
VER UM SINAL DIGITAL

Devido ao consumo relativamente baixo e à sua longa duração, os LED prestam-se especialmente para substituir as **lâmpadas guia**.

Por exemplo, no painel frontal dos computadores pessoais há um Led (geralmente vermelho) que indica quando o **disco rígido** está em funcionamento.

Utilizado deste modo, um LED representa **um único bit** de informação: sim/não, ligado / desligado, verdadeiro / falso.

Portanto, podemos considerá-lo uma **interface de saída** elementar, ou seja, uma ligação entre o sinal digital (no fio) e o observador humano.



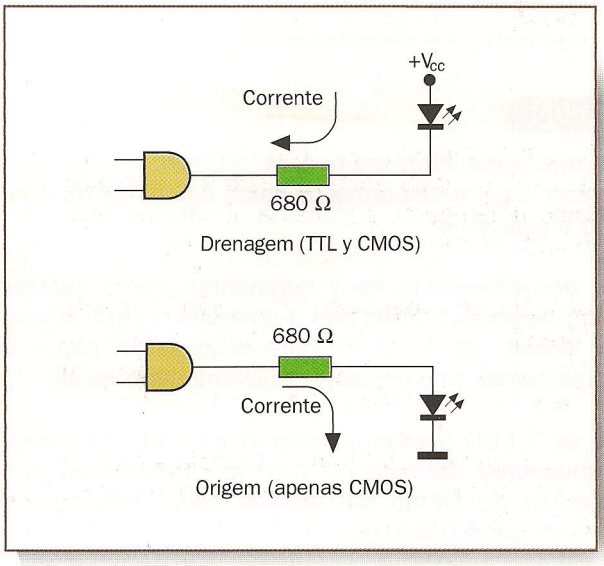
Costuma-se utilizar os LED como indicadores digitais de dois estados (por exemplo, ligado/desligado).

CONTROLAR UM LED

Se não se necessita de muita luminosidade, a corrente pedida pelo LED pode ser obtida diretamente da **saída** de um integrado digital, como se pode ver na figura.

A **resistência** tem a finalidade de limitar a corrente para um valor aceitável, no exemplo: 3 V / 680 Ω = 4,4 mA aproximadamente (diminuímos os 2 V da queda sobre o LED de 5 V da alimentação).

No primeiro caso, o LED **acende-se** quando o nível é L (0), no segundo quando é H (1); observemos que o segundo circuito não funciona com os TTL e que só podem "absorver" corrente para a massa.



Controle direto de um LED da saída de um integrado digital, com uma resistência de limitação da corrente.

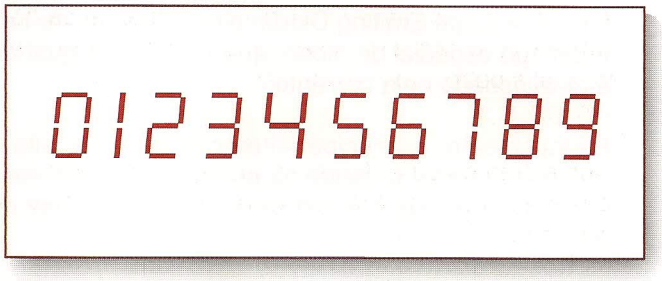
Display de 7 segmentos

Se acendermos sete LED na combinação adequada, podemos representar cifras numéricas (dígitos)

Um display de **7 segmentos** é uma caixa retangular na qual foram montados sete diodos luminosos oportunamente dispostos (mais um ponto decimal).

Como se vê na figura, é possível acender os LED de forma que se possam representar as **cifras decimais** de um modo claramente legível; a cifra 8 utiliza todos os segmentos.

Os display de 7 segmentos são utilizados em um grande número de dispositivos, por exemplo nos **relógios** digitais de pulso (embora neste caso não empreguem um LED mas sim cristais líquidos).



Como acender os LED de um display de 7 segmentos de forma que se representem as cifras de 0 a 9.

DE 4 BITS A 7 SEGMENTOS

Normalmente as cifras numéricas que são visualizadas estão num **código binário**, na forma de quatro bits representados por outros tantos fios, como já se explicou na lição 7 e que se informa na tabela.

É necessário, portanto, um circuito de **lógica combinada** que, para cada uma das dez combinações (correspondentes às cifras de 0 a 9), acenda os segmentos adequados.

O circuito deverá ter quatro **entradas**, correspondentes aos bits do dado digital, e sete **saídas**, cada uma das quais controla um determinado segmento.

Este processo pode ser realizado com portas lógicas, mas é mais cômodo utilizar um **decodificador** de 7 segmentos já fabricado, na forma de um integrado digital.

decimal	binário
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

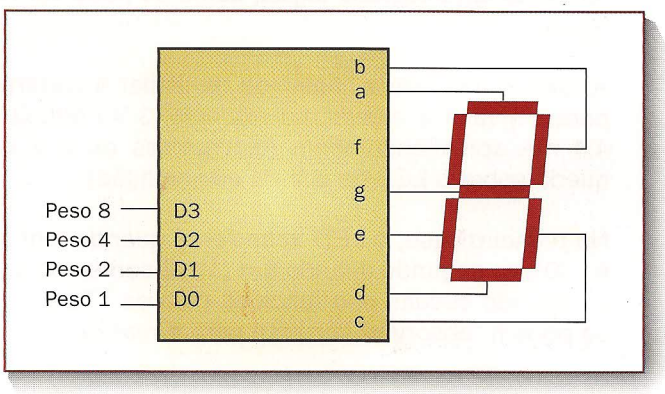
Representação no código binário das 10 cifras decimais.

DRIVER

Normalmente interessa que os LED sejam muito **luminosos**: a corrente normal da saída de uma porta lógica não é suficiente.

Os decodificadores de 7 segmentos, como qualquer outro dispositivo destinado a controlar o LED, incluem um **driver** (ver lição 10) para cada saída, capaz de proporcionar uma corrente relativamente elevada.

Se os 7 LED tiverem o **cátodo em comum**, deverá proporcionar corrente do positivo (origem); no caso contrário do ânodo em comum deverá "absorvê-la" para a massa (drenagem).



Decodificador do binário com 7 segmentos: inclui um driver para o LED em cada saída.

Binario, BCD, Hexadecimal

Um mesmo grupo de fios pode ter diferentes significados

Para uma **cifra decimal** são necessários quatro bits, embora algumas possíveis combinações (as que vão depois de 1001, correspondente ao 9) não sejam utilizadas.

Com várias cifras tudo se complica. Se queremos representar o número 27, poderemos utilizar o seu correspondente 11011 **binário**, mas este processo coloca um problema.

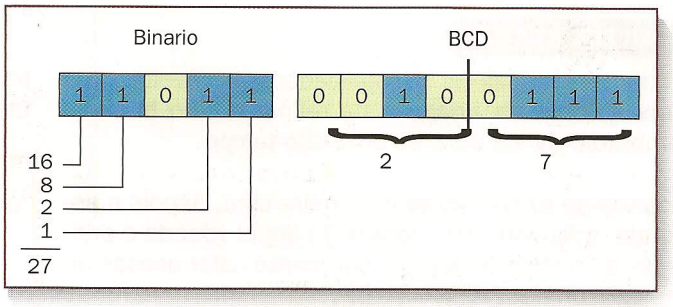
Temos cinco bits que representam duas cifras decimais. Não podemos utilizar um simples **decodificador** para display de 7 segmentos.

O número binário, realmente, representa o mesmo **valor** que o nosso 27 decimal, mas não é visível a divisão em cifras.

BCD: CIFRAS SEPARADAS

Com freqüência convém representar um valor decimal **cifra por cifra**, utilizando um número de 4 bits para cada uma delas.

A figura mostra, por exemplo, como se pode codificar o decimal 27. Quatro bits representam a cifra "2" e outros quatro a cifra "7"; esta técnica chama-se **BCD** (Binary Coded Decimal: decimal codificado em binário). É **menos eficaz** do que o binário puro. Por exemplo, nos 8 bits estão apenas os números até ao 99 em vez de até 255; no entanto, é cômoda para manipular cifras decimais.



O código BCD representa no código binário cada cifra decimal, em separado.

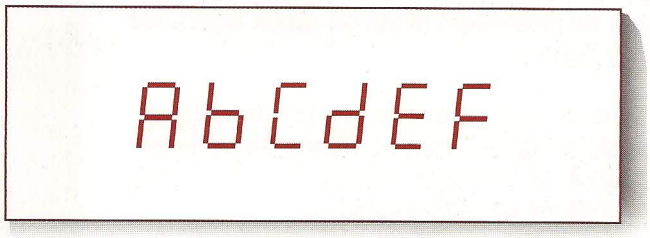
HEXADECIMAL: AS LETRAS TAMBÉM

Para não utilizar as combinações de 4 bits que não são usadas pelas cifras decimais, é possível atribuir-lhes outros **símbolos**, por exemplo as letras a, b, c, d, e, f:

1010 = a
1011 = b
1100 = c
1101 = d
1110 = e
1111 = f

Esta forma permite, entre outras coisas, **representar** cada grupo de 4 bits como uma cifra ou uma letra, facilitando a sua leitura. O sistema é muito utilizado com os microprocessadores, como já veremos.

Alguns **decodificadores** para display de 7 segmentos também podem mostrar as letras do código hexadecimal, embora de uma forma que não é muito elegante, como mostra a figura.



As letras do código hexadecimal representadas num display de 7 segmentos: B e D têm de ser obrigatoriamente minúsculas.

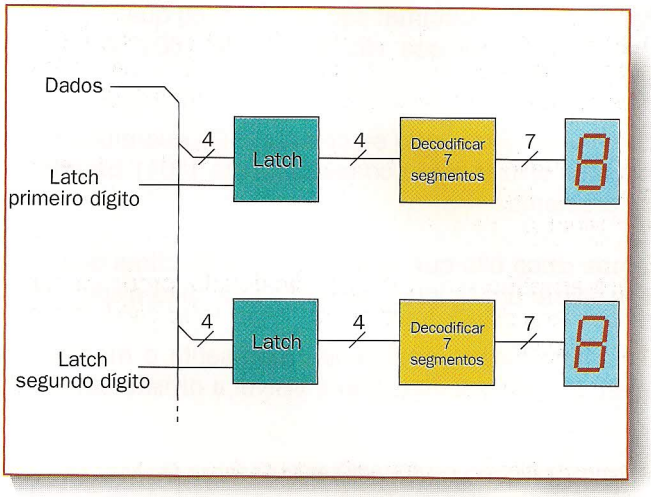
Cifras múltiplas

Existem várias técnicas para atualizar os números vistos em display para várias cifras

Em vez de se utilizarem 4 fios para cada cifra ("dígito"), podem-se utilizar 4 fios **comuns** para todos os display (um "barramento"), acrescentando um Latch antes de cada decodificador.

Colocam-se no barramento os bits da **primeira cifra** e memorizam-se no primeiro latch (ver lição 13); depois coloca-se a segunda cifra e armazena-se no segundo latch, e assim sucessivamente.

O barramento está, portanto, **multiplexado**, ou seja, foi utilizado para transportar diferentes dados em distintos momentos, e neste caso, as distintas cifras para que sejam vistas.



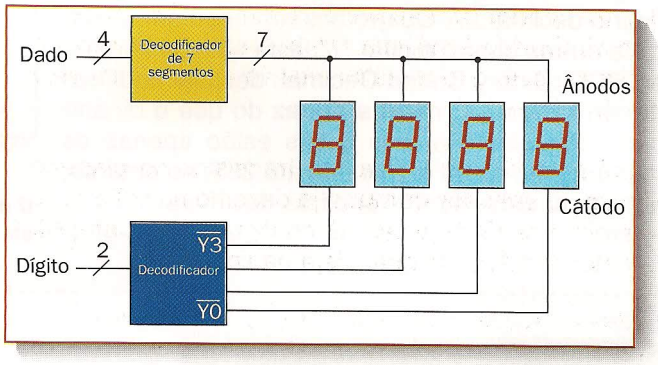
Devido aos latch, cada display conserva o número embora os dados no barramento mudem depois.

MULTIPLEXAÇÃO

Podem-se reduzir os decodificadores aproveitando a **persistência da imagem** na retina: o olho humano lembra-se da luz durante um certo tempo.

Acende-se **brevemente** a primeira cifra, depois a segunda, a terceira, etc., repetindo depois desde o princípio: se o ritmo for rápido, parecerão estar acesas ao mesmo tempo.

A figura mostra os display ligados com os ânodos **em paralelo**; para a rotação é enviado um dado e só se liga à massa (o) somente o regresso (cátodo comum) do display que se deseja acender.



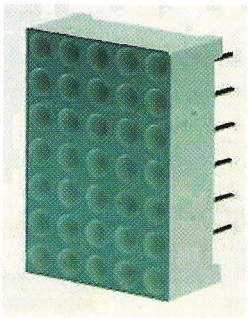
Display multiplexado: o decodificador que está abaixo acende apenas o display ao qual se refere o dado configurado que está em cima.

DISPLAY DE MATRIZ

Também existem display com mais de 7 segmentos, por exemplo, os da **matriz de pontos**, capazes de mostrarem letras ou sinais arbitrários (ver figura).

Trata-se de um retículo regular do LED disposto (e ligado) com as **filas e as colunas**: quando se alimenta uma fila e uma coluna, acende-se um único ponto.

Utiliza-se normalmente uma **multiplexação** similar à que está ilustrada: enviam-se os dados de uma coluna e acende-se brevemente, depois passa-se para o seguinte. É necessário também escolher os dados corretos, coisa de que se encarrega normalmente um circuito integrado especial, ou bem é feito diretamente a partir do **programa** com um microprocessador.



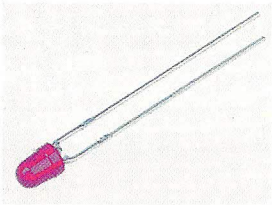
Display do LED de matriz de pontos: em cada cruzamento da fila e da coluna encontra-se um diodo luminoso.

Tipos de LED

As características dos LED dependem também da cor da luz produzida

A luz emitida por um diodo luminoso depende da **corrente** que o atravessa, pelo que se indica um valor normal e outro máximo que não devem ser superados (ver figura).

Nos extremos do LED existe uma **queda de tensão**, que depende sobretudo da tecnologia com a qual foi construído. Normalmente está em volta dos 2 V, mas os LED azuis (mais recentes) costumam ter 3 V ou mais.



Um LED comum (o terminal curto é o cátodo) e as suas características e valores típicos (ou seja, que não estão garantidos).

É importante também a máxima tensão inversa V_e, que normalmente é bastante baixa, na ordem dos 5 V. É fácil estragar um LED quando é alimentado ao contrário.

	Vermelho	Verde	Amarelo	Unidade
I_F (máxima)	30	30	30	mA
I_F (nominal)	10	10	10	mA
V_R (máxima)	5	5	5	V
P_D (máxima)	120	120	120	mW
Redução de P_D	1,6	1,6	1,6	mW/°C
V_F a I_F (nominal)	2	2	2,1	V
Intensidade a I_F (mínima)	2,5	2,5	2,5	mcd
Intensidade a I_F (máxima)	5	5	5	mcd
Ângulo de observação	55	55	55	graus
Comprimento de onda com a intensidade máxima	635	562	585	nm

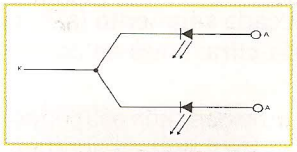
LUZ E COR

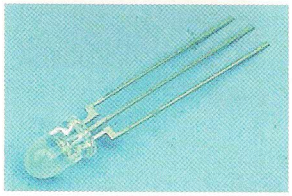
A **intensidade luminosa** é dada em milicandeias (mcd) para a corrente tanto nominal como máxima: alguns modelos, como os que são utilizados para as luzes dos semáforos, são inclusivamente 1.000 vezes mais luminosas do que as outras.

Alguns modelos obtêm uma luz mais intensa porque reduzem o **ângulo** a partir do qual é visível; está indicado em graus.

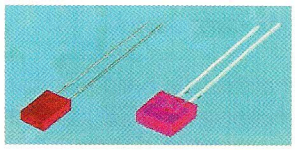
Nem todos os vermelhos são iguais. A cor é indicada com a maior precisão pelo **comprimento da onda** (em nanometros, nm) para que a luz emitida seja mais forte.

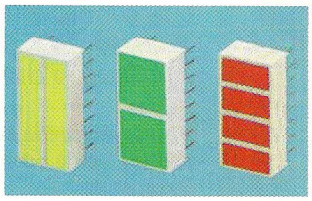
Existem também LED de **três cores**, na realidade, um vermelho e o outro verde, ambos no mesmo pacote. Quando se acendem os dois obtém-se o amarelo.





LED de três cores; o terminal comum costuma ser o cátodo.





Diodos luminosos numa caixa retangular, disponíveis também em exemplares múltiplos no mesmo encapsulamento.

VÁRIAS VERSÕES

Outro tipo menos comum é o de duas cores, no qual a cor depende da **polaridade** da corrente que o atravessa.

Também existem os LED **cintilantes** que se alimentam simplesmente com uma tensão e incluem o circuito de cintilação e o controle da corrente. Os LED **retangulares** podem ser colocados um ao lado do outro para formarem indicadores de barra (por exemplo, o nível do sinal) ou também podem ser utilizados para iluminar textos colocados num painel.

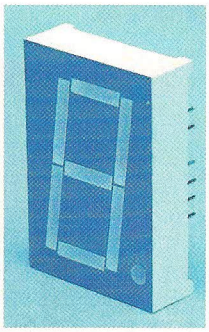
Display do LED

Apesar da competência dos cristais líquidos, estes display utilizam-se ainda pela sua luminosidade

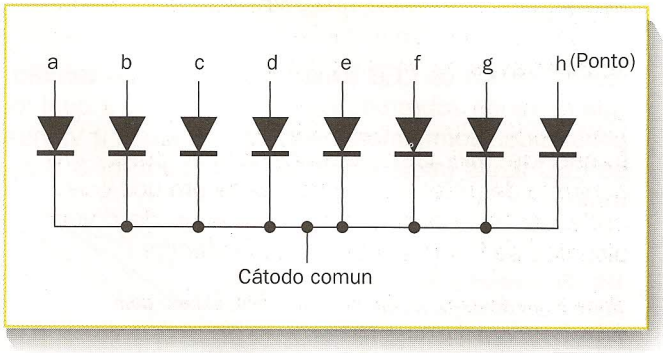
Os display de 7 segmentos contêm realmente **oito**, pois existe também um LED redondo que representa o ponto decimal (ver figura).

Trata-se de oito diodos luminosos totalmente **distintos**, que têm em comum apenas o ânodo ou o cátodo.

É preciso uma resistência (ou um driver adequado) **distinta** para cada segmento. Os LED não devem ser ligados em paralelo, pois, desse modo, não haveria uma luminosidade uniforme.



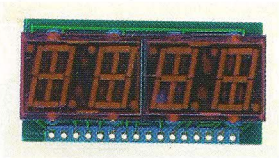
Um display típico de 7 segmentos mais o ponto decimal.



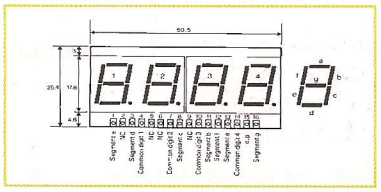
DISPLAY MULTIPLEX

Existem displays de 7 segmentos compostos por **vários dígitos** (cifras) ligados de modo que possam ser controlados num multiplexado (ver curso Digital).

Na prática há um terminal para cada **segmento** (a, b, c, d, e, f, g) e uma volta para cada **cifra**: envia-se corrente para os **segmentos** desejados e liga-se à massa a cifra que se deseja acender.



Normalmente, o trabalho é desenvolvido por um **circuito integrado** especial externo, mas nada impede que se possa controlar diretamente o display (embora normalmente não seja conveniente).



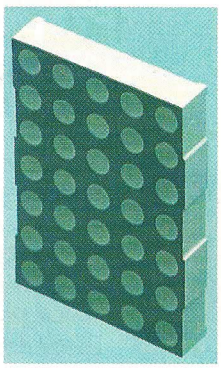
Display de 7 segmentos para 4 cifras que já estão ligadas em paralelo para serem controladas num multiplexador.

MATRIZ DE PONTOS

Os display de matriz são um retículo retangular de LED redondos, normalmente de **5 x 7**, que é o adequado para desenhar todas as letras do alfabeto.

Passa-se das versões de poucos milímetros e dotadas de uma **lente** incorporada, para as de vários centímetros que são utilizados para textos visíveis à distância.

Algumas destas versões incluem, tanto os drivers como uma memória (latch), os circuitos associados de controle e ainda diretamente um **gerador de caracteres**.



Neste último caso é suficiente proporcionar à entrada **o número binário** ("ASCII") que é o que corresponde ao caracter desejado (por exemplo, "A"), para que se possa acender a combinação correta do LED.

Display de matriz de pontos 5 x 7 de dimensões médias, neste caso com eletrônica de controle incorporada.

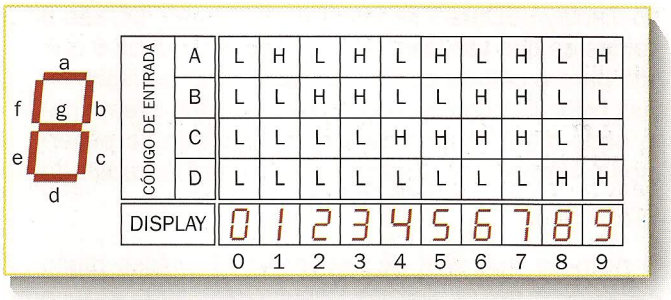
Driver para um dígito

Embora sejam já pouco utilizados, ainda existem circuitos integrados para controlar um único display de 7 segmentos

O 74HC4511, que é uma versão moderna de um anterior integrado da antiga série 4000, é um **decodificador/driver** para os display de 7 segmentos.

Como se mostra na figura, se enviarmos para os 4 fios da entrada o **código binário** (ou BCD) da cifra desejada, deve-se enviar corrente para os segmentos LED adequados.

Por exemplo, se enviarmos o código do 5 (0101, ou seja LHLH na ordem D, C, B, A) se acenderão os segmentos a, f, g, c, d, ao mesmo tempo que se desenha a cifra "5".



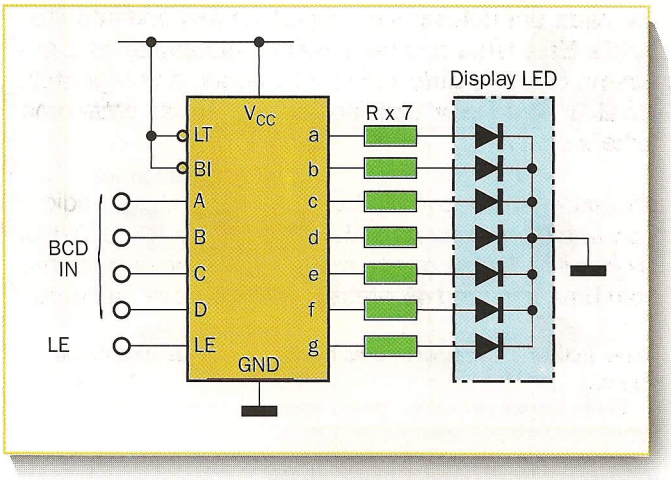
Cada número binário de 0 a 9 acende a correspondente combinação de segmentos.

CONTROLE EM TENSÃO

Cada saída passa de 0 V (massa) para a tensão de **alimentação** que, normalmente é de 5 V quando se deve acender o segmento que lhe corresponde.

A corrente nos LED está limitada, e por isso é necessário uma **resistência em série**, como a que se mostra no esquema aplicável (ou seja, o exemplo da utilização típica) que se pode ver na figura.

Normalmente, utiliza-se uma **rede resistiva** que encerra os 7 segmentos numa única caixa, em forma de um circuito integrado ou (de preferência) ainda menor.



Ligação típica do 74HC4511 com um display de 7 segmentos de cátodo comum, com resistências para limitar a corrente.

MEMÓRIA INCORPORADA

Para que se possam ligar em paralelo vários 74HC4511 no mesmo barramento de 4 bits, o integrado contém, além disso, um **latch** capaz de armazenar o valor configurado. Quando a entrada LE (**latch enable**) está baixa, a cifra representada altera-se consoante o dado da entrada; quando o LE muda para alto, o último valor "congela-se" e não depende mais do A, B, C, D.

Se a entrada auxiliar $\overline{LT}$ (**lamp test**) estiver baixa, todos os segmentos se iluminam; pelo contrário, se pusermos baixo o $\overline{BI}$ (**blanking**) as 7 saídas põem-se com a massa, desligando os LED dos segmentos.

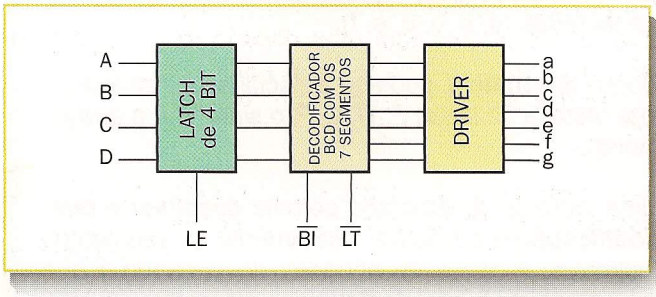


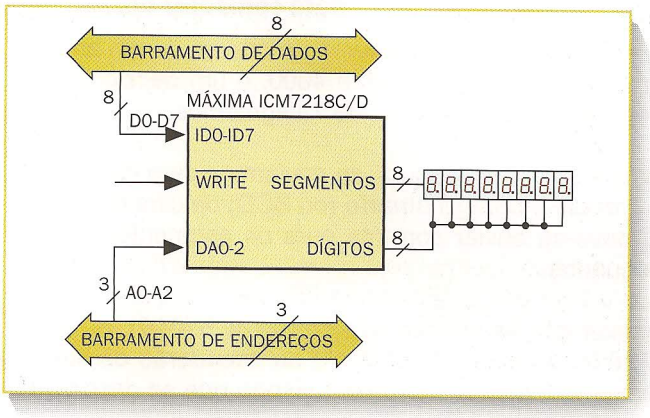
Diagrama de blocos do 74HC4511: um latch para armazenar os dados, um decodificador driver de saída para os LED.

Driver para 8 dígitos

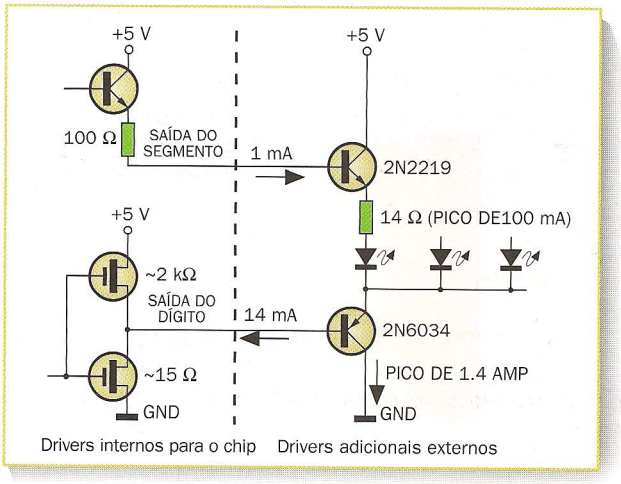
Convém utilizar apenas um integrado para controlar várias cifras ao mesmo tempo, no multiplexado

O integrado ICM7218 (MAXIM) controla **várias cifras** do display LED de 7 segmentos; na versão "D", são 8 saídas as que vão para os segmentos e outras 8 que vão para o cátodo comum de cada cifra; as resistências estão já incorporadas. Existe um latch interno para cada dígito. Este pode ser configurado se pusermos o **número do dígito** desejado nas entradas do "Display Address" (DA0...DA2).

O **número que tem de ser mostrado** nesse dígito escreve-se nos 4 fios do "Input Data" (D0...ID3), e depois baixa-se levemente a entrada do latch ("WRITE") para o podermos armazenar.



Esquema aplicável do ICM7218: a endereço escolhe a cifra, o dado é o valor que aparece sobre a própria cifra.



MULTIPLEXAÇÃO AUTOMÁTICA

O integrado acende os diferentes dígitos um de cada vez, utilizando **para cada um** o valor que já está armazenado no latch que lhe corresponde.

Para que se possam evitar alguns efeitos ópticos de uma "onda" não se devem iluminar os dígitos **em ordem espalhados**; entre um dígito e outro, se for feita uma breve pausa, esta ajudará a evitar qualquer fraco acendimento de um segmento não desejado.

Aos dígitos de grandes dimensões podem-se acrescentar alguns **drivers externos** que proporcionam uma maior corrente e que são realizados com transistores.

Para correntes elevadas, por exemplo, para display grandes ou muito luminosos, é preciso um driver adicional externo.

HEXADECIMAL E ARBITRÁRIO

O ICM7218 aceita também valores de 10 (binário 1010) para 15 (binário 1111), ou seja, **fora** do campo BCD, que podem ser representados como **cifras hexadecimais** (a, b, c, d, e, f).

Como **alternativa** pode-se selecionar o "código B" que oferece as letras E, H, L, P, o sinal "-" e o apagamento.

Uma variante do integrado permite **desativar a descodificação** e configurar diretamente os segmentos (utilizando 8 dados da entrada), desenhando o que lhe pareça mais importante nesse momento.

Símbolos que são mostrados no display conforme o valor da entrada e também o modo do trabalho pré-selecionado.

ID3	ID2	ID1	ID0	HEXADECIMAL	CÓDIGO B
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	A	-
1	0	1	1	b	E
1	1	0	0	C	H
1	1	0	1	d	L
1	1	1	0	E	P
1	1	1	1	F	(Vazio)

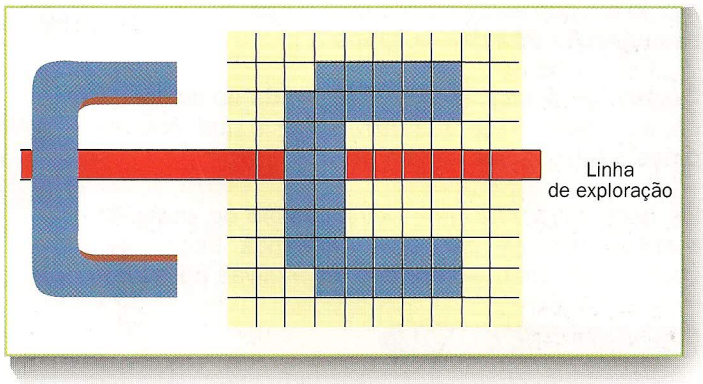
O telefax (fax)

A transmissão de documentos através de uma linha telefônica inaugurou a era telemática

Um telefax é um aparelho preparado para enviar "fax" (abreviatura de fac-símile), ou seja, **fotocópias à distância**, utilizando uma linha telefônica normal. Em primeiro lugar, realiza uma **exploração** do documento, lendo-o com muita atenção linha por linha, através de um sistema óptico.

Cada uma das linhas, com uma altura de uma fração de milímetro, é considerada como um conjunto de **pixel** (ver figura), cada um dos quais pode ser branco ou preto, ou mesmo de níveis distintos se forem utilizados os cinzentos.

Obtém-se assim um sinal **digital**, que no caso mais simples (preto e branco) representa cada pixel com um único bit.

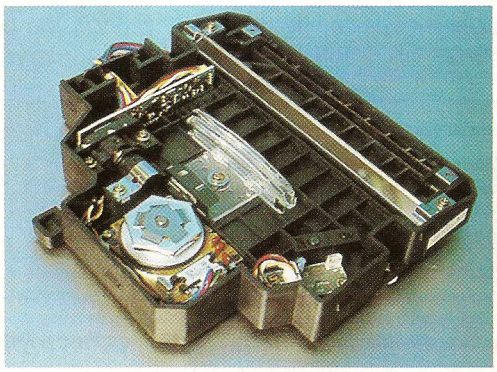


Cada linha de exploração mede a luminosidade com intervalos e produz uma seqüência de bit, por exemplo 0 = branco e 1 = preto.

COMPRESSÃO

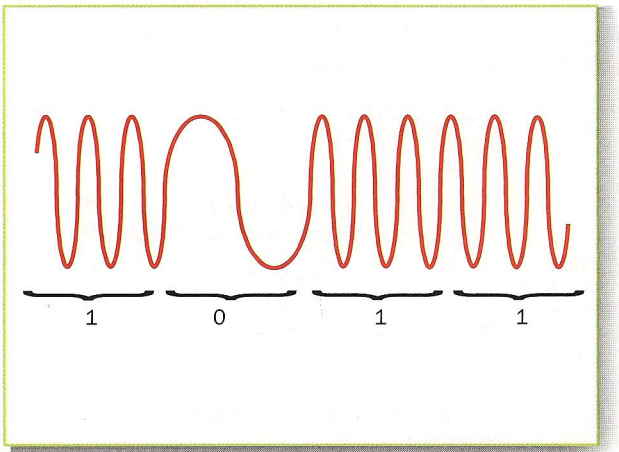
Seria necessários mais de 1.800.000 bits para codificar uma **página inteira**, e ainda muitos mais se aumentamos o detalhe ou utilizarmos os tons de cinzento que requerem mais bits por cada pixel.

No entanto, num documento de texto típico, grande parte deste espaço é **branco**; é totalmente desnecessário enviar milhares de dados de informação todos iguais.



Os modernos telefax costumam **comprimir** a informação indicando, por exemplo, "813 pixel brancos", "5 pixel pretos", etc.

Muitos telefaxes utilizam uma leitura óptica baseada em espelhos e lentes, que ressaltam a linha de um sensor foto-sensível.



MODULAÇÃO

A linha telefônica está idealizada para o sinal **analógico** que representa a voz humana. É necessário transformar a seqüência do bits que descreve o documento numa correspondente seqüência de **sons**.

Este fenômeno pode ser obtido, por exemplo, se modularmos a **freqüência** de uma onda senoidal, ou seja, mudando-a de acordo com cada bit, como mostra a figura. Na moderna transmissão digital a **técnica** está bastante mais cuidada, mas o princípio básico permanece igual.

Modulação primitiva FSK (frequency-shift keying): a freqüência do sinal indica o valor do bit.

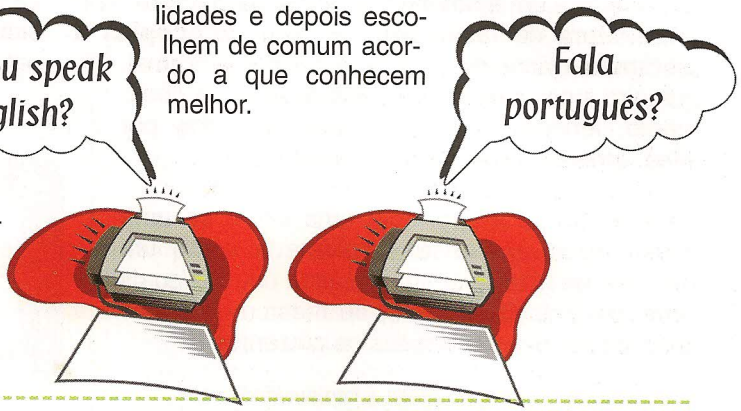
Recepção de um fax

Tanto o transmissor como o receptor devem estar de acordo com o protocolo

As técnicas de transmissão por telefax têm evoluído muito, pois existem vários **padrões** no mercado; (no momento em que escrevíamos este curso estava muito difundido o "grupo 3").

Quando um telefax receptor **responde** ao telefone, a primeira coisa que deve saber é qual dos padrões a pessoa que chama utiliza.

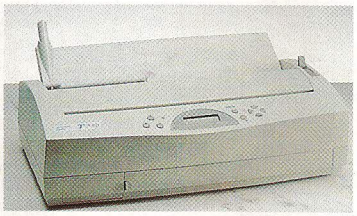
De certo modo, há uma primeira fase de **cumprimentos**: através dos dois aparelhos trocam-se impressões, informam-se das respectivas possibilidades e depois escolhem de comum acordo a que conhecem melhor.



CORREÇÃO DE ERROS

Embora nos últimos tempos se tenha melhorado muito, as linhas telefônicas ainda estão sujeitas a todo o gênero de **interferências.** A transmissão é muitas vezes complicada. Pode acontecer que, por vezes, a leitura se torne difícil e quando está por meio a compressão, a **perda**, nem que seja de um único bit, é suficiente para poder fazer com que um documento possa ficar quase totalmente ilegível.

O problema poderá ser resolvido se transmitir outra informação que permita a **reconstrução** dos dados danificados, ou pelo menos poder retransmití-los (mesmo sem a intervenção do usuário).



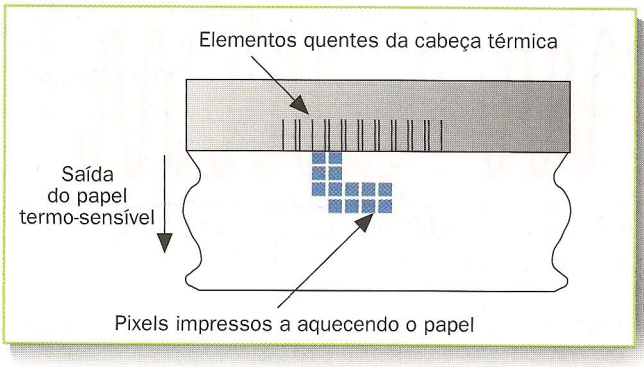
Um telefax agrega as funções de três acessórios do computador: o scanner, a impressora e o modem.

REPRODUÇÃO

Quando chega ao final do percurso, o sinal digital é **descomprimido** (expandido) para poder reproduzir a informação original, faltando apenas transferi-lo para o papel.

Os telefax que são mais econômicos utilizam um **papel térmico** especial, que escurece se fica exposto ao calor. Desliza sob uma fila de minúsculas resistências, que aquecem se são percorridas por uma corrente (ver figura).

Os telefaxes de **papel normal** utilizam, no entanto, outras técnicas, particularmente o "jato de tinta" ou o mecanismo laser de tambor foto-sensível, que é mais caro e muito parecido com o das fotocopiadoras. Examinaremos estes mecanismos na lição dedicada às **impressoras** para computador.



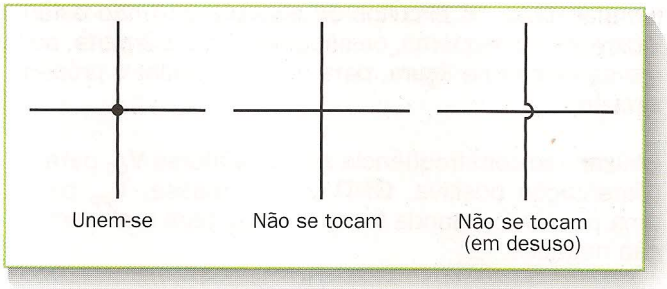
O papel térmico escurece quando passa por baixo dos elementos quentes que são percorridos pela corrente.

Desenhar esquemas

Um esquema elétrico deve ser claro e legível...e não só para quem o desenhou!

Se quiser desenhar um esquema elétrico, seja com papel e lápis ou no vídeo de um PC, este deve ser não só "limpo" e ordenado, mas também dar uma idéia da **estrutura** do circuito. Como norma de trabalho, deve-se seguir a convenção de que os sinais elétricos se movem da **esquerda para a direita**: à esquerda estão as entradas e à direita as saídas.

As linhas que representam os fios devem ser **octogonais** e indicar claramente se existe algum contato nos possíveis pontos de cruzamento, como se pode ver na figura.



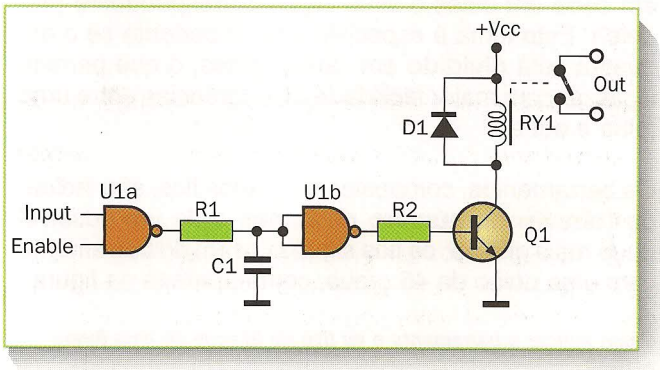
Cruzamento de fios, com ou sem ligação entre si; a terceira forma esta obsoleta, de maneira que é preferível evita-la.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

Normalmente cada componente, como um transistor ou um circuito integrado, tem perto dele os componentes **auxiliares** (por exemplo, resistências e capacitores) que completam o circuito.

Os **transistores** são desenhados com a disposição standard como está explicado na figura, ou então ao contrário, com o emissor para cima quando seja necessário evitar confusões com os fios.

Os circuitos integrados que são compostos por várias partes (por exemplo o quádruplo NAND) são desenhados **por separado**. Importa principalmente a função lógica e não a caixa. Podem ser indicados até os números dos terminais.



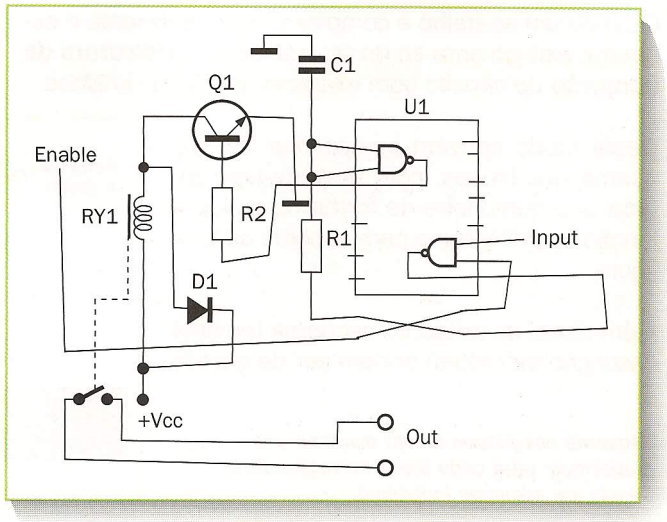
Exemplo de um esquema bem desenhado: lê-se da esquerda para a direita e os componentes estão dispostos no modo standard.

SIGLAS E NÚMEROS

Cada componente é indicado no esquema por um **código**: por exemplo as resistências serão R1, R2 e assim sucessivamente. Têm sido divulgados algumas convenções como, por exemplo:

R = resistores	C = capacitores
L = indutores	D = diodos
T = transformadores	Q = transistores
U = circuitos integrados	SW = interruptores

O **valor** para os componentes passivos (por exemplo, as resistências) ou a **sigla** para os componentes ativos (por exemplo, os transistores) podem ser indicados no esquema ou à parte numa "lista de componentes".



Um exemplo, eletricamente idêntico ao anterior, de como não desenhar um esquema elétrico.

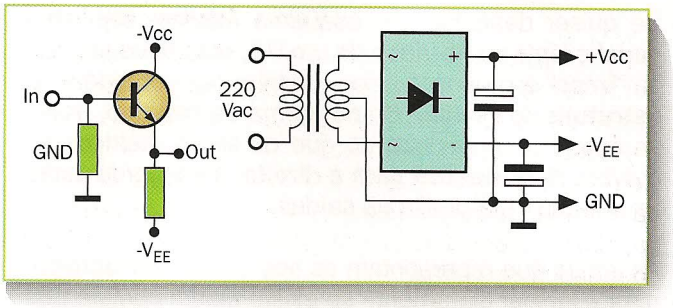
Divisões e blocos

Se uma página não é suficiente, o esquema divide-se em seções logicamente independentes

Normalmente, os circuitos de **alimentação** não estão indicados no esquema, ou são desenhados à parte, como se mostra na figura, para não incomodar o próprio circuito.

Utilizam-se com freqüência as abreviaturas V_{cc} para a alimentação positiva, **GND** para a massa, V_{pp} para uma possível segunda tensão, e V_{EE} para a alimentação negativa.

A alimentação positiva sempre é indicada **em alta**, ao passo que a alimentação negativa (utilizada freqüentemente nos circuitos analógicos e raramente nos digitais) pode estar baixa na possível linha da massa.

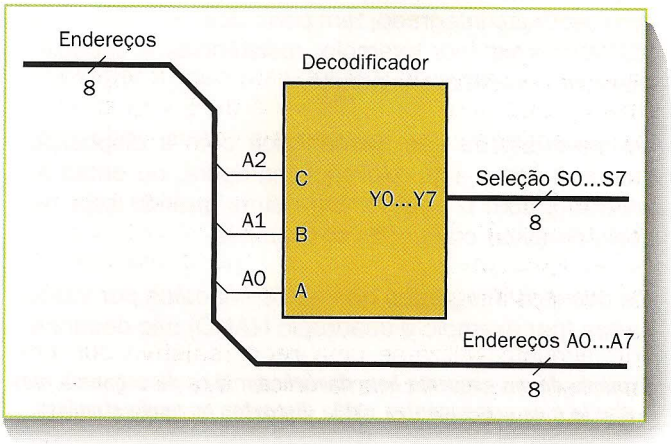


Simples circuito de alimentação duplo (seguidor do emissor), com o alimentador desenhado de forma independente para uma melhor leitura.

FIOS, DEVOLUÇÕES E BARRAMENTOS

Quando existem muitos fios de ligação, como os dos circuitos digitais, simplifica-se a leitura se **indicarmos** em cada um deles o sinal lógico correspondente ("labels"). Este tema é especialmente importante se o esquema está **dividido** em várias partes, o que permite localizar com maior facilidade as referências entre uma folha e outra.

Os barramentos, compostos por vários fios, são indicados através do **número de linhas** e de um possível traço mais grosso; os fios simples saem do barramento com uma união de 45 graus, como aparece na figura.



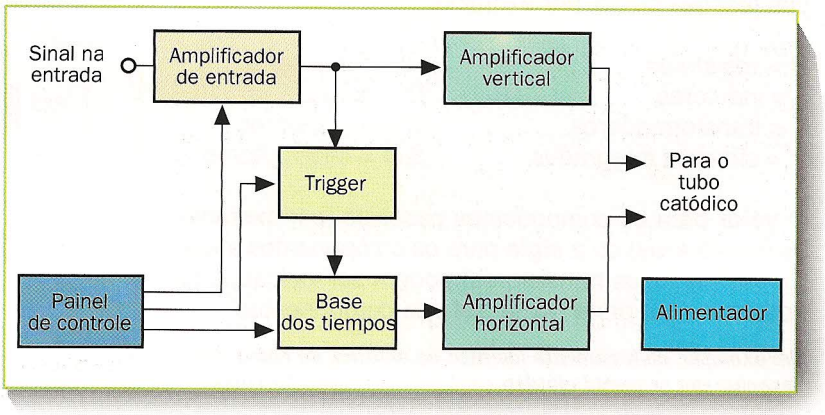
Como indicar o barramento e os fios de ligação de uma forma legível.

ESQUEMAS DOS BLOCOS

Quando um aparelho é complexo, não é suficiente o esquema elétrico para se fazer uma idéia da **estrutura de conjunto** do circuito sem examinar todos os detalhes.

Deste modo convém acrescentar um esquema dos blocos, com uma **divisão lógica** que demonstre de forma resumida a função das diferentes partes, como está na figura.

Além disso, as **notas** do esquema (ou uma descrição individual) podem ser de grande ajuda, especialmente se a pessoa que lê o esquema não é um desenhista mas, por exemplo, um técnico.



Esquema dos blocos de um osciloscópio monotraço: para cada bloco corresponderá depois um esquema individual.

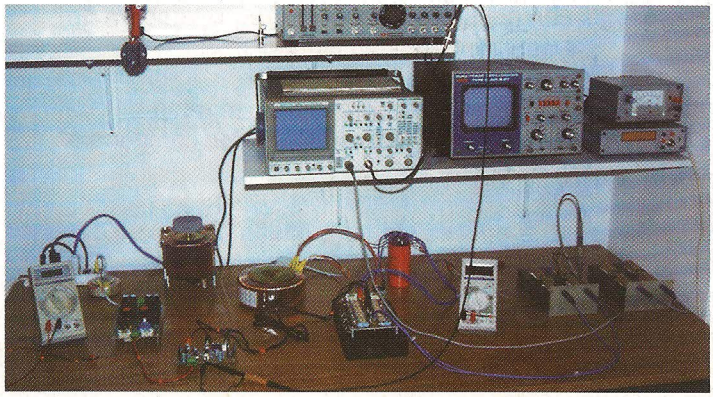
Fonte de alimentação do laboratório

Produz uma tensão variável de 3 a 24 V, com 2 A de corrente

Quando prescindimos da tecnologia da construção, todos os circuitos elétricos e eletrônicos requerem a ligação direta com uma **fonte de energia** de características adequadas.

Muitos dispositivos eletrônicos, como os projetos deste curso, funcionam com uma **baixa tensão contínua**, de modo que não apresentam nenhum risco de descargas.

Tanto para estas como para outro tipo de testes, é útil dispor de uma fonte de alimentação de laboratório, capaz de produzir uma tensão contínua **regulada** e bem **estabilizada**, com uma boa corrente de saída.



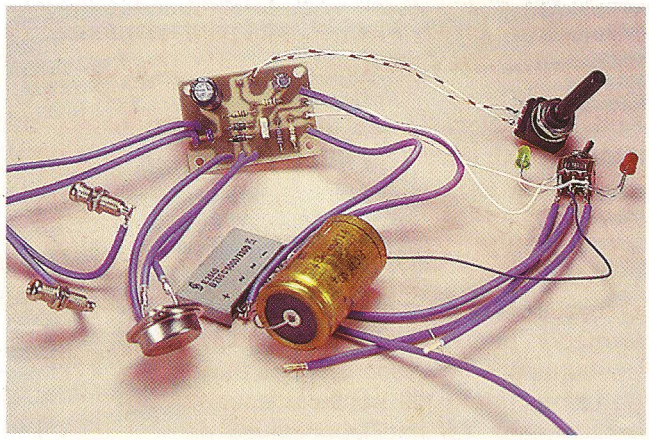
Um laboratório equipado com muito instrumental é o sonho de todos os adeptos da eletrônica.

UM COMANDO E MUITAS TENSÕES

As **tensões contínuas** requeridas com maior freqüência, tanto no âmbito profissional como nas práticas de principiantes, são geralmente entre 5 V_{CC} e 12 V_{CC}.

Em algumas **aplicações** analógicas utilizam-se potenciais mais baixos, como 3 V_{CC}, ou muito mais altas, até 18 V_{CC}; no campo industrial reina indiscutivelmente a tensão standard de 24 V_{CC}.

Uma ferramenta válida de laboratório deve poder dispor de um cômodo **comando à distância** para a configuração de todos os possíveis valores na gama de 3 a 24 V, como faz o nosso dispositivo.



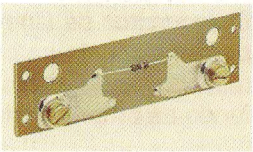
A fonte de alimentação estabilizada para um laboratório de tensão variável já terminada.

TENSÃO E CORRENTE

Para se conhecer a tensão da saída pode-se utilizar o multímetro ou, (mais sofisticado para aqueles que estão dispostos a gastar mais), montar um **voltímetro de painel** já terminado, do tipo analógico ou digital.

Quando se fazem testes, é fácil causar alguns curto-circuitos ou sobrecargas: portanto, é importante que a fonte de alimentação esteja totalmente **protegida**, de forma que não possa ser danificada.

Neste caso, se se deseja arredondar, pode-se acrescentar também um **amperímetro** de painel, de modo que se possa conhecer em todo o momento quanta corrente é fornecida ao circuito.



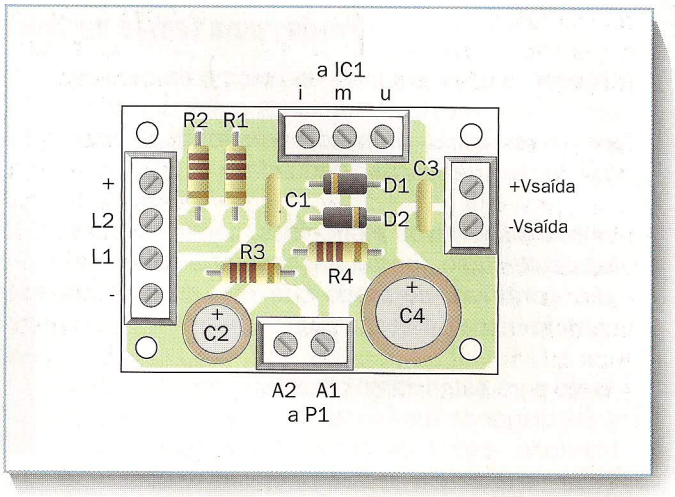
Voltímetro de painel que, com uma resistência em paralelo de baixo valor, se converte num amperímetro.

Montagem do circuito

A diferença que existe do normal para a base do circuito impresso é que este contém apenas **uma parte** do circuito; os componentes de alta tensão e também de alta corrente são montados no exterior.

A realização da base não apresenta nenhuma dificuldade. É suficiente seguir a **disposição** dos componentes mostrada na figura.

Naturalmente, é necessário ter cuidado com a **polaridade** correta dos dois capacitores eletrolíticos C2 e C4, e dos diodos D1 e D2.



Disposição dos componentes na base do circuito impresso da fonte de alimentação.

TENSÃO DA REDE

A parte do circuito que está compreendida entre a tomada de ligação à rede e o transformador, que inclui também o interruptor e o fusível, está para uma tensão da rede de **127/220 V** alternada.

Portanto, necessita de um **isolamento** exato, por exemplo com tubos de plástico especiais, e deve haver pelo menos um centímetro de distância entre este último e a caixa ou quaisquer outros fios.

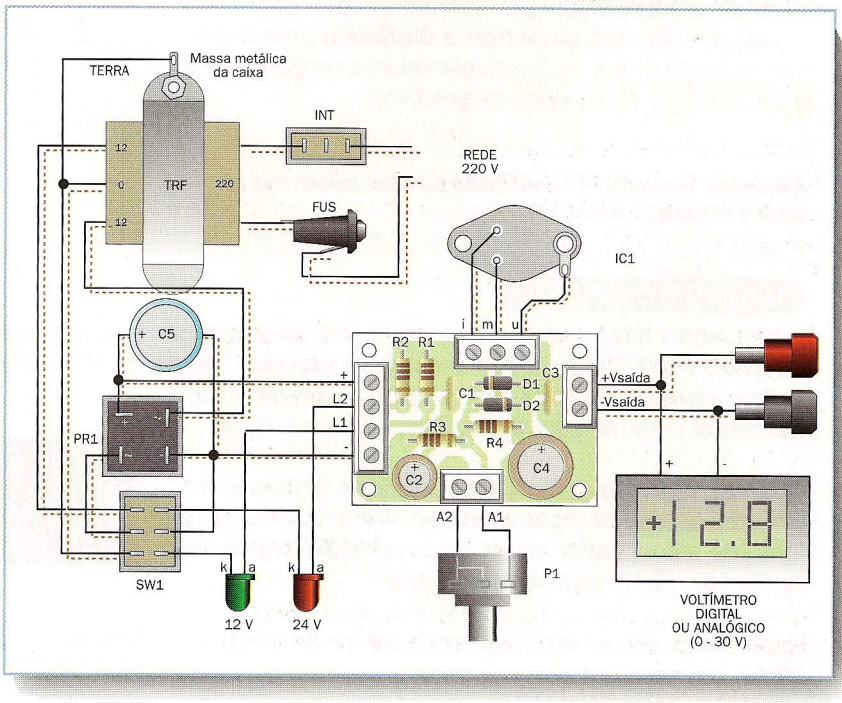
O fundamental **fio de terra** (amarelo-verde) do fio da rede é fixo com parafusos e arruelas à caixa metálica, raspando-a primeiro com papel de lixa para eliminar qualquer resíduo de verniz e garantir um bom contato.

RETIFICADOR E CAPACITOR

O revestimento do secundário do transformador para a base não envolve nenhum risco de descarga, mas deve-se utilizar um fio de **seção** adequada (pelo menos 1,5 mm²) por causa da forte corrente que se vai ter de utilizar.

A **ponte retificadora** PR1 tem normalmente um orifício para a fixação com parafusos à caixa metálica (que atua como dissipador); caso contrário, pode-se utilizar uma cola termo-condutora especial.

O **capacitor** de filtro C5 pode ser fixo horizontalmente na caixa com uma fita metálica, ou simplesmente colado no fundo da própria caixa.

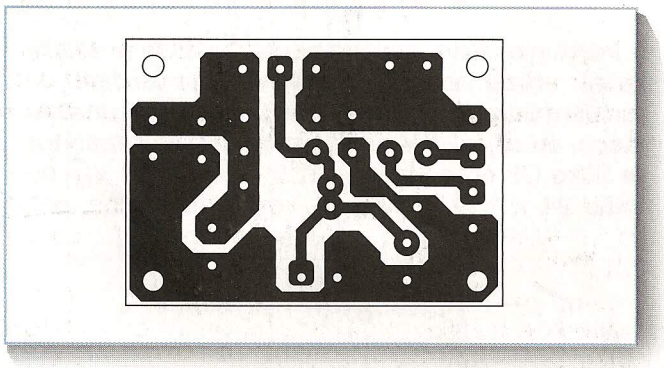


Revestimento dos componentes externos: o vermelho os fios de alta tensão, o amarelo os percorridos por uma corrente forte.

O INTEGRADO REGULADOR

O IC1 que contém o autêntico regulador deve ser **arrefecido**. Monta-se num dissipador que tenha uma boa superfície, melhor ainda se está exposto ao exterior (de outro modo precisaria de uma boa ventilação).

Como o encapsulamento do integrado está ligado à saída, é necessário interpor uma **folha isoladora** especial com parafusos e anilhas adequadas (vendidos normalmente no kit) e, se preciso, também uma camada de plástico. Os fios entre o IC1 e a base devem ser muito curtos e de grande seção, de modo que se acrescentam dois capacitores de 100 nF montados **muito próximos** ao integrado. Um deles entre a entrada e a massa e o outro entre a saída e a massa.



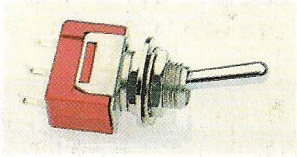
A base do circuito impresso vista do lado das trilhas de cobre da fonte de alimentação.

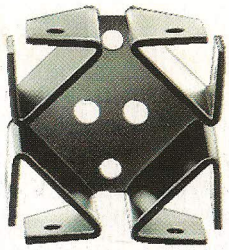
OUTRAS LIGAÇÕES

O interruptor SW1, o potenciômetro e os dois diodos luminosos podem ser montados diretamente no **painel frontal**, utilizando as braçadeiras de plástico especiais para os LED.

No mesmo painel também encontrarão o seu lugar os bornes **de saída**, vermelho (positivo) e preto (negativo); este último também poderá estar ligada à massa metálica da caixa.

As ligações com os bornes devem ser de boa **secção** (a habitual 1,5 mm^2), enquanto que para os LED e para o potenciômetro não existem requisitos especiais, por causa das bases atuais que são utilizadas.





Exemplos do transformador, aqui do tipo toroidal de baixo fluxo disperso, interruptor de alimentação, porta-fusíveis e dissipador para o IC1.

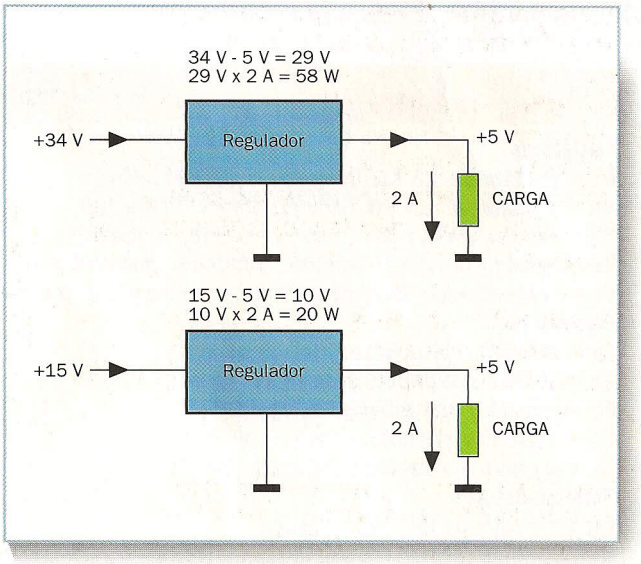
TESTE E USO PRÁTICO

Depois de terem sido verificados os fios e os isolamentos, pode-se ligar um **multímetro** à saída (se não estiver o voltímetro) e ligar a fonte de alimentação: deverá ler-se uma tensão que ficará regulada se rodarmos o P1.

O interruptor SW1 permite minimizar a **dissipação** do integrado regulador IC1, baixando a tensão da entrada quando se utiliza uma tensão baixa de saída.

Configura-se em 12 V para tensões da saída compreendidas entre 3 V e 12 V, e também em 24 V quando é necessário dispor de tensões superiores; se a **corrente** absorvida é muito baixa, sempre se pode deixar em 24 V.

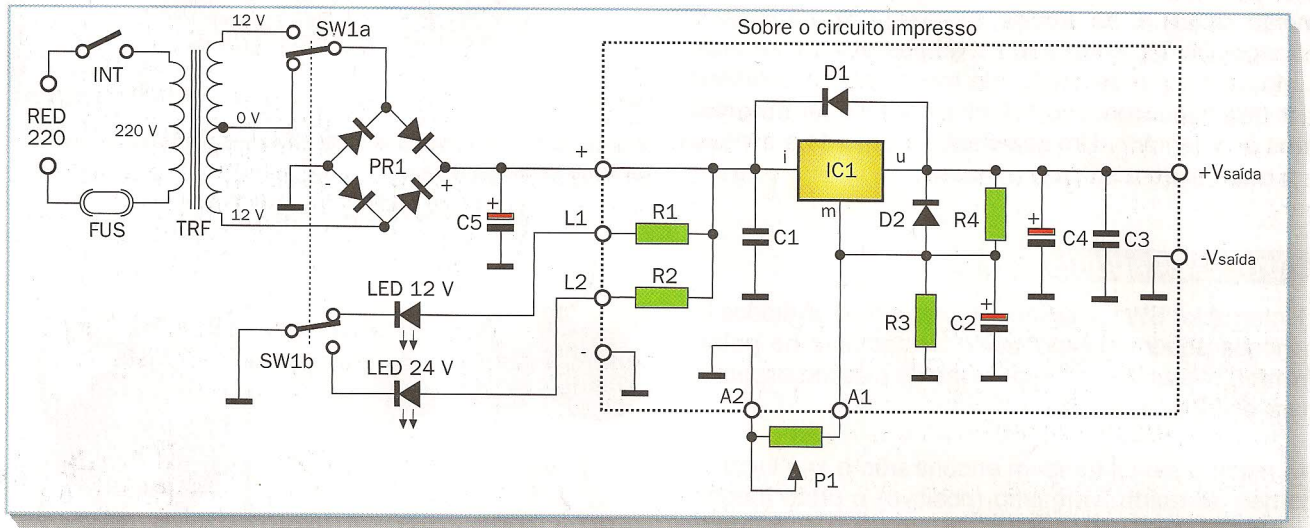
Se baixarmos a entrada, a potência dissipada é reduzida no regulador com baixas tensões da saída e altas correntes da carga.



Funcionamento do circuito

O interruptor SW1 permite **escolher** duas possibilidades: utilizar apenas a metade do secundário do transformador, ou seja, 12 V_{CA}, ou o secundário inteiro, ou seja, 24 V_{CA}. Nos extremos do **capacitor de filtro** C5 encontram-se 12 x 1,41 = 16,9 V_{CC} ou então 24 x 1,41 = 33,8 V_{CC} mais ou menos, dos quais se tira a queda nos diodos, de aproximadamente 2 V.

A outra metade do SW1 acende um dos dois LED, para **indicar** visualmente a tensão da entrada selecionada com o mesmo interruptor.



Esquema elétrico da fonte de alimentação estabilizada e regulada para o laboratório.

REGULAÇÃO

O IC1 contém um completo **regulador**, que utiliza uma referência exata da tensão interna e mantém a saída estável no valor configurado com R4 E R3.

Como o **potenciômetro** P1 está em paralelo com R3, permite modificar a sua resistência, regulando também o valor à saída do estabilizador.

Os diodos D1 e D2 proporcionam um **percurso de descarga** para os eletrolíticos C5 e C4, de maneira que se evita, quando apagada, que encontre tensão inversa nos extremos do IC1. Os capacitores de poliéster C1 e C3, situados respectivamente em paralelo com os eletrolíticos C5 e C4, **compensam** as características relativamente insuficientes das freqüências mais elevadas.

LISTA DOS COMPONENTES

Resistores
R1 = resistor de 1,8 KΩ (marrom, cinza, vermelho)
R2 = resistor de 3,9 KΩ (laranja, branco, vermelho)
R3 = resistor de 8,2 KΩ (cinza, vermelho, vermelho)
R4 = resistor de 120 Ω (marrom, vermelho, marrom)
P1 = potenciômetro linear de 4,7 KΩ com comando à distância

Capacitores
C1 = capacitor de poliéster de 100 nF
C2 = capacitor eletrolítico de 10 μF 35 V
C3 = capacitor de poliéster de 10 nF
C4 = capacitor eletrolítico de 470 μF 40 V
C5 = capacitor eletrolítico de 4700 μF 63 V

Semicondutores
D1, D2 = diodos de silicio 1N4004
IC1 = regulador de tensão LM338K (encapsulamento TO3)
PR1 = ponte de diodos de 200 V, 5 A

Vários
TRF = transformador de alimentação, primário de 127/220 V, secundário de 12 V-0-12 V / 2 A
SW1 = duplo comutador de alavanca, contatos de 5 A
INT = interruptor da rede de painel, isolamento pelo menos de 250 V_{CA}
1 diodo LED vermelho de 5 mm
1 diodo LED verde de 5 mm
2 braçadeiras para LED de panel
2 arruelas
1 circuito impresso